

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМИОСТИМУЛЯЦИИ НА НЕРВНО-МЫШЕЧНУЮ ПРОВОДИМОСТЬ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ МЫШЦ ПОСЛЕ СЕПАРАЦИОННОЙ ГЕРНИОПЛАСТИКИ

Н. А. Демин^{1,2}, Е. Е. Ачкасов¹, Б. А. Поляев², А. А. Шишкин², А. И. Медведева³, О. Е. Останин² ✉

¹ Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н. И. Пирогова (Пироговский Университет), Москва, Россия

³ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (РУДН), Москва, Россия

После сепарационной герниопластики по поводу послеоперационных вентральных грыж у многих пациентов сохраняется мышечная дисфункция передней брюшной стенки. Электромиостимуляция может улучшить восстановление, но ее эффективность после таких операций изучена недостаточно. Целью исследования было оценить влияние послеоперационной электромиостимуляции на нервно-мышечную проводимость и функциональную активность прямых мышц живота. В проспективное контролируемое нерандомизированное исследование включили 128 пациентов (средний возраст $47,9 \pm 8,6$ лет), перенесших сепарационную герниопластику. Основная группа ($n = 64$) получала электромиостимуляцию с 10-х суток (12 сеансов по 5–10 мин, 3 раза в неделю, аппарат COMPEX SP-2.0®, Швейцария), контрольная ($n = 64$) — нет. Электронейромиографию прямых мышц живота проводили до и после курса на аппарате «Synapsis» (ООО НМФ «Нейротех», Россия). В основной группе латентный период сократился с 10,1 до 7,9 мс (на 21,8%; $p < 0,001$), в контрольной — с 9,7 до 9,2 мс (на 5,2%; $p < 0,001$); межгрупповое различие $p = 0,002$. Амплитуда М-ответа улучшилась в обеих группах (основная: с 8,4 до 8,9 мВ, +5,6%, $p < 0,001$; контрольная: с 8,2 до 8,8 мВ, +6,8%, $p < 0,001$) без различий между группами ($p = 0,295$). Скорость индуцированного мышечного сокращения в основной группе изменилась минимально (с 45,0 до 45,4 м/с, $p = 0,049$), в контрольной — нет ($p = 0,316$); у 89,1% пациентов показатель оставался ниже нормы. Выводы: послеоперационная электромиостимуляция достоверно ускоряет восстановление нервно-мышечной проводимости, но не влияет на амплитуду мышечного ответа. Включение электромиостимуляции в реабилитационные программы целесообразно.

Ключевые слова: электромиостимуляция, послеоперационная реабилитация, вентральные грыжи, герниопластика, нервно-мышечная проводимость, электронейромиография

Вклад авторов: Н. А. Демин — проведение основных этапов пилотного исследования, написание статьи; Е. Е. Ачкасов — дизайн исследования, научное редактирование, экспертный контроль; Б. А. Поляев — научное редактирование, экспертный контроль; А. А. Шишкин — статистическая обработка данных; А. И. Медведева — написание статьи, сбор клинических данных; О. Е. Останин — сбор клинических данных, статистическая обработка.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено этическим комитетом Сеченовского Университета (протокол № 08-19 от 05 июня 2019 г.). Все участники подписали информированное добровольное согласие. Данные, позволяющие идентифицировать личность, не раскрываются.

✉ **Для корреспонденции:** Олег Евгеньевич Останин
ул. Островитянова, д. 1, г. Москва, 117513, Россия; ostanin.oleg2011@yandex.ru

Статья получена: 29.03.2026 **Статья принята к печати:** 16.04.2026 **Опубликована онлайн:** 28.04.2026

DOI: 10.24075/vrgmu.2026.020

Авторские права: © 2026 принадлежат авторам. **Лицензиат:** РНИМУ им. Н. И. Пирогова. Статья размещена в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

ELECTRICAL MYOSTIMULATION EFFECTS ON NEUROMUSCULAR CONDUCTION AND FUNCTIONAL STATE OF MUSCLES AFTER COMPONENT SEPARATION

Demin NA^{1,2}, Achkasov EE¹, Polyayev BA², Shishkin AA², Medvedeva AI³, Ostanin OE² ✉

¹ Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

² Pirogov Russian National Research Medical University (Pirogov University), Moscow, Russia

³ Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russia

Muscular dysfunction of the anterior abdominal wall persists in many patients post component separation due to postoperative ventral hernia. Electrical myostimulation can contribute to better recovery, but its efficacy after such surgical procedures is poorly understood. The study aimed to assess the effect of the postoperative electrical myostimulation on the neuromuscular conduction and functional activity of the rectus abdominis muscles. A total of 128 patients (average age 47.9 ± 8.6 years) post component separation were included in a prospective controlled non-randomized study. The index group ($n = 64$) received electrical myostimulation starting from day 10 (12 sessions, 5–10 min each, 3 times a week, COMPEX SP-2.0® muscle stimulator, Switzerland), and the control one ($n = 64$) received no electrical myostimulation. Electroneuromyography of the rectus abdominis muscles was performed before and after the course using the Synapsis system (Neurotech, Russia). In the index group, the latency period reduced from 10.1 to 7.9 ms (by 21.8%; $p < 0.001$), and in the control group it reduced from 9.7 to 9.2 ms (by 5.2%; $p < 0.001$); the intergroup difference $p = 0.002$. The M-response amplitude improved in both groups (index group: from 8.4 to 8.9 mV, +5.6%, $p < 0.001$; control group: from 8.2 to 8.8 mV, +6.8%, $p < 0.001$), without any intergroup differences ($p = 0.295$). The induced muscle contraction velocity changed minimally in the index group (from 45.0 to 45.4 m/s, $p = 0.049$) and did not change in the control group ($p = 0.316$); in 89.1% of patients, the values were still below normal. Conclusions: postoperative electrical myostimulation significantly accelerates the neuromuscular conduction restoration, but does not affect the muscular response amplitude. It is reasonable to include electrical myostimulation in rehabilitation programmes.

Keywords: electrical myostimulation, postoperative rehabilitation, ventral hernia, hernioplasty, neuromuscular conduction, electroneuromyography

Author contribution: Demin NA — implementation of the main stages of the pilot study, manuscript writing; Achkasov EE — study design, academic editing, expert control; Polyayev BA — academic editing, expert control; Shishkin AA — statistical data processing; Medvedeva AI — manuscript writing, clinical data collection; Ostanin OE — clinical data collection, statistical processing.

Compliance with ethical standards: the study was approved by the Ethics Committee of the Sechenov University (protocol No. 08-19 dated 05 June 2019). All subjects submitted the informed consent. No personally identifiable information is disclosed.

✉ **Correspondence should be addressed:** Oleg E. Ostanin
Ostrovityanova, 1, Moscow, 117513, Russia; ostanin.oleg2011@yandex.ru

Received: 29.03.2026 **Accepted:** 16.04.2026 **Published online:** 28.04.2026

DOI: 10.24075/brsmu.2026.020

Copyright: © 2026 by the authors. **Licensee:** Pirogov University. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

В последние десятилетия хирургия послеоперационных вентральных грыж (ПВГ) претерпела фундаментальные изменения. Широкое внедрение в мировую клиническую практику сепарационных техник герниопластики, таких как передняя сепарация по Ramirez, задняя сепарация с высвобождением поперечной мышцы живота (transversus abdominis release, TAR) и их комбинации, позволило радикально снизить частоту рецидивов и тяжелых послеоперационных осложнений даже у пациентов с гигантскими и многократно рецидивирующими грыжами [1, 2]. Возможность адекватного закрытия дефекта передней брюшной стенки с восстановлением ее анатомической целостности и функционального каркаса превратила некогда паллиативные вмешательства в полноценные реконструктивно-восстановительные операции. Однако несмотря на очевидный прогресс хирургической техники, проблема полноценной функциональной реабилитации пациентов после сепарационной герниопластики окончательно не решена.

Выполнение обширной мобилизации мышечно-апоневротических слоев, неизбежное при сепарационных методиках, сопряжено со значительной хирургической травмой мягких тканей, пересечением межмышечных сосудисто-нервных пучков и созданием обширных раневых поверхностей. Это приводит к развитию комплекса патофизиологических изменений в мышцах передней брюшной стенки, прежде всего в прямых мышцах живота. В основе нарушения нервно-мышечной проводимости лежит интраоперационное повреждение терминальных ветвей межреберных нервов, иннервирующих прямые мышцы живота, а также развитие локального воспалительного отека и ишемии в зоне хирургического вмешательства [3]. Указанные факторы вызывают временную денервацию мышечных волокон, что клинически проявляется замедлением проведения нервного импульса и снижением сократительной способности мышц. Даже при технически безупречно выполненной операции у значительной части пациентов в послеоперационном периоде регистрируются признаки мышечной дисфункции: структурная атрофия мышечных волокон, снижение их сократительной способности, замедление проведения нервного импульса по моторным волокнам [4]. Клинически эти нарушения манифестируют в виде длительно сохраняющейся слабости брюшного пресса, стойкого болевого синдрома, ограничения повседневной физической активности и, как следствие, существенного ухудшения качества жизни пациентов на протяжении многих недель и даже месяцев после выписки из стационара [5]. Таким образом, возникает объективная потребность в разработке эффективных и патогенетически обоснованных методов послеоперационной реабилитации, направленных на ускорение восстановления функционального состояния мышц брюшной стенки.

В настоящее время для реабилитации пациентов после герниопластики применяют различные подходы, включая лечебную физическую культуру, дыхательную гимнастику, мануальную терапию, кинезиотейпирование и физиотерапевтические методы воздействия. Однако эффективность многих из этих методов в отношении восстановления именно нервно-мышечной проводимости остается недостаточно доказанной, а сроки их назначения и оптимальные параметры воздействия не стандартизированы [6]. В частности, активные физические упражнения в раннем послеоперационном периоде часто ограничены из-за болевого синдрома и риска

несостоятельности швов, что диктует необходимость поиска альтернативных, пассивных методов стимуляции мышечной активности.

Одним из наиболее перспективных и физиологичных методов воздействия на нервно-мышечный аппарат в условиях вынужденной гипокинезии является аппаратная электромиостимуляция (ЭМС). В основе ее терапевтического эффекта лежит искусственная генерация электрических импульсов, которые, достигая двигательных нервных окончаний и мышечных волокон, вызывают их деполяризацию и последующее сокращение. Это позволяет имитировать физиологический процесс произвольного мышечного сокращения, поддерживать трофику тканей и предотвращать развитие нейрогенной атрофии в периоде, когда активные движения ограничены из-за болевого синдрома или риска несостоятельности швов [7]. Экспериментальные работы, выполненные на моделях герниопластики, убедительно продемонстрировали, что применение ЭМС мышц передней брюшной стенки способствует статистически значимому снижению выраженности послеоперационной атрофии мышечных волокон, улучшению микроциркуляции в зоне оперативного вмешательства и более быстрой нормализации функциональных показателей мышечной активности [8].

Несмотря на убедительную теоретическую и экспериментальную базу, клиническое применение ЭМС в программах реабилитации после герниопластики ПВГ до настоящего времени изучено недостаточно. Имеющиеся в литературе клинические данные фрагментарны, часто противоречивы и не позволяют сформировать однозначные рекомендации для практического здравоохранения [9]. В частности, остаются открытыми вопросы об оптимальных временных интервалах начала стимуляции в раннем послеоперационном периоде, о наиболее эффективных параметрах электрического тока (частота, длительность импульса, интенсивность), а также о дифференцированном влиянии ЭМС на исходы различных по травматичности типов реконструктивных вмешательств на передней брюшной стенке [10, 11]. Отсутствие стандартизированных протоколов и доказательной базы сдерживает широкое внедрение этого метода в рутинную клиническую практику абдоминальных хирургов и специалистов по медицинской реабилитации.

Цель исследования — оценить эффективность послеоперационной ЭМС мышц передней брюшной стенки в восстановлении нервно-мышечной проводимости и функциональной активности прямых мышц живота у пациентов после сепарационной герниопластики вентральной грыжи.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

Проспективное контролируемое нерандомизированное исследование проведено на базе хирургического отделения Городской клинической больницы имени Л. А. Ворохобова г. Москвы в период с сентября 2019 г. по март 2022 г. Дизайн исследования соответствовал рекомендациям CONSORT для нерандомизированных интервенционных исследований [12].

Отбор пациентов

Из 207 пациентов, перенесших плановую открытую герниопластику по поводу послеоперационных вентральных

грыж (ПВГ), после применения критериев отбора в исследование было включено 128 человек (71 женщина, 57 мужчин) в возрасте от 28 до 83 лет (средний возраст $47,9 \pm 8,6$ лет). Период наблюдения за пациентами составил 6–10 месяцев (медиана наблюдения — 8 месяцев).

Критерии включения: возраст старше 18 лет; плановая открытая сепарационная герниопластика с ретромультикулярной установкой полипропиленового имплантата; подписанное информированное добровольное согласие на участие в исследовании; возможность удаленной связи для контроля выполнения протокола; индекс массы тела (ИМТ) $\leq 39,9$ кг/м².

Критерии невключения (оценивали до включения пациента в исследование): отказ от подписания информированного добровольного согласия; рецидивная ПВГ в анамнезе; наличие электрокардиостимулятора; декомпенсированные соматические заболевания (сахарный диабет в стадии декомпенсации, хроническая сердечная недостаточность III–IV функционального класса по NYHA, хроническая дыхательная недостаточность II–III степени); онкологические заболевания в активной фазе или с завершённым лечением менее 6 месяцев назад; клинически значимые нарушения функции опорно-двигательного аппарата, ограничивающие выполнение тестовых упражнений; психические расстройства, препятствующие выполнению протокола; личные обстоятельства, делающие участие невозможным.

Критерии исключения (применяли после включения пациента в исследование): развитие послеоперационных осложнений, требующих изменения тактики реабилитации (раневая инфекция, гематома, требующая дренирования, тромбоэмболические осложнения, пневмония, рецидив грыжи в период наблюдения); отзыв пациентом информированного согласия; выявление в ходе наблюдения ранее не диагностированного состояния, соответствующего критериям невключения.

Характеристики грыж

Для оценки сопоставимости групп по исходным характеристикам грыжевого дефекта анализировали следующие параметры: ширину грыжевых ворот (см), локализацию по классификации Европейского герниологического общества (EHS), наличие потери домена брюшной полости (определяли по данным компьютерной томографии (КТ) как отношение объема грыжевого содержимого к объему брюшной полости $> 20\%$). Указанные характеристики представлены в табл. 1. Статистически значимых различий между группами по этим параметрам не выявлено ($p > 0,05$).

Хирургическая техника

Всем пациентам выполнена открытая задняя сепарационная герниопластика с высвобождением поперечной мышцы живота (transversus abdominis release, TAR) в комбинации с ретромультикулярной установкой полипропиленового имплантата. Термин «комбинированная» отражает сочетание сепарационного компонента (мобилизации мышечно-апоневротических слоев) с протезирующей пластикой. Все вмешательства проводили одной хирургической бригадой по стандартизированному протоколу. Средняя площадь грыжевого дефекта, рассчитанная по данным КТ, составила $150,4 \pm 38,1$ см² (диапазон: 103,0–351,3 см²). Размер имплантата подбирали

индивидуально для полного перекрытия дефекта с захватом не менее 5 см здоровых тканей в каждую сторону.

Формирование групп

В зависимости от послеоперационного протокола реабилитации пациенты были разделены на две группы по 64 человека. В основной группе проводили курс электромиостимуляции (ЭМС), начиная с 10-х суток после операции; в контрольной группе — стандартную реабилитацию без ЭМС.

Обоснование сроков начала и длительности электромиостимуляции

Начало курса ЭМС с 10-х суток после операции было обусловлено тем, что к этому сроку завершается острая фаза послеоперационного воспаления, купируется выраженный болевой синдром и формируется состоятельный послеоперационный рубец, что позволяет безопасно накладывать электроды в проекции прямых мышц живота без риска инфицирования или повреждения тканей. Продолжительность курса в 12 сеансов (4 недели) выбрана на основании ранее опубликованных экспериментальных данных, согласно которым минимальный срок, необходимый для появления клинически значимых изменений нервно-мышечной проводимости под влиянием ЭМС, составляет не менее 10–12 сеансов [6]. Частота процедур (3 сеанса в неделю с интервалом не менее 48 ч) обеспечивает оптимальный баланс между стимулирующим воздействием и временем, необходимым для восстановления мышечных волокон после электрической нагрузки.

Протокол электромиостимуляции

Для проведения ЭМС использовали 6-канальный миостимулятор COMPEX SP-2.0® (Complex Medical SA, Швейцария). Стимуляцию проводили с частотой импульсного тока 5,0–30,0 Гц и длительностью импульса 50,0–100,0 мкс. Курс состоял из 12 сеансов (3 сеанса в неделю, с интервалом не менее 48 ч) продолжительностью 5–10 мин каждый. Процедуру выполняли в положении пациента лежа на спине; в ряде случаев для усиления эффекта пациента просили выполнить легкое сгибание шеи и приведение подбородка к груди для дополнительного напряжения прямых мышц живота (рис.).

Методы оценки

Основным инструментальным методом оценки функционального состояния нервно-мышечного аппарата служила электронейромиография (ЭНМГ) прямых мышц живота, выполненная на четырехканальном аппарате «Synapsis» (ООО НМФ «Нейротех», Россия) со следующими техническими характеристиками: рабочая частота дискретизации — 40,0 кГц, амплитуда стимуляции — 0–100,0 мА, диапазон измерения сигналов — 0,1–200,0 мВ. Анализировали следующие показатели: латентный период (LP, норма 5,0–7,0 мс), отражающий время проведения нервного импульса; амплитуду М-ответа (норма 5,0–10,0 мВ), характеризующую суммарную активность мышечных волокон; показатель индуцированного мышечного сокращения (IMR, норма 50,0–75,0 м/с), оценивающий скорость сокращения мышечных волокон в ответ на

электрический стимул. Параметры регистрировали дважды: исходно (до начала курса ЭМС в основной группе и в сопоставимые сроки в контрольной) и после завершения четырехнедельного курса реабилитации.

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного пакета StatTech v.4.8.0 (ООО «Статтех», Россия). Нормальность распределения количественных данных оценивали с помощью критерия Шапиро–Уилка. Нормально распределенные данные представляли как среднее (M) ± стандартное отклонение (SD); для их сравнения в двух группах использовали *t*-критерий Стьюдента, для сравнения до и после вмешательства — парный *t*-критерий. Данные, распределение которых отличалось от нормального, описывали с помощью медианы (Me) и межквартильного размаха (Q₁–Q₃); для сравнения применяли *U*-критерий Манна–Уитни (для независимых выборок) и критерий Уилкоксона (для связанных выборок). Категориальные данные представляли в виде абсолютных значений (*n*) и процентов (%). Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении электронейромиографии до начала курса электромиостимуляции значения латентного периода в основной и контрольной группах статистически значимо не различались ($p = 0,639$). После завершения курса электромиостимуляции межгрупповые различия стали статистически значимыми ($p = 0,002$) (табл. 1).

Наилучшие значения латентного периода зарегистрированы в группе пациентов, которым проводили послеоперационную ЭМС: медиана латентного периода снизилась с 10,1 мс до 7,9 мс, т. е. на 21,8% ($p < 0,001$). В контрольной группе медиана латентного периода уменьшилась с 9,7 мс до 9,2 мс, что соответствует снижению на 5,2% ($p < 0,001$).

При анализе амплитуды М-ответа не выявлено статистически значимых различий между группами как до начала курса ЭМС ($p = 0,139$), так и после его завершения ($p = 0,295$). Вместе с тем в обеих группах отмечена положительная динамика показателя по сравнению с исходным уровнем. В контрольной группе средняя амплитуда М-ответа через четыре недели после операции составила 8,8 мВ, что на 6,8% выше исходного значения 8,2 мВ ($p < 0,001$). В основной группе амплитуда возросла с 8,4 мВ до 8,9 мВ, т. е. на 5,6% ($p < 0,001$) (табл. 2).

Скорость индуцированного мышечного сокращения не имела статистически значимых межгрупповых различий ни до, ни после курса реабилитации. У 89,1% участников исследования значения этого показателя оставались ниже нормативного порога 50,0 м/с на протяжении всего периода наблюдения. В основной группе зафиксировано минимальное, но статистически значимое увеличение



Рис. Электромиостимуляция мышц передней брюшной стенки (10-е сутки после герниопластики)

скорости индуцированного мышечного сокращения: медиана возросла с 45,0 м/с до 45,4 м/с ($p = 0,049$). В контрольной группе динамика показателя отсутствовала ($p = 0,316$) (табл. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Проведенное исследование продемонстрировало, что послеоперационная ЭМС мышц передней брюшной стенки у пациентов после сепарационной герниопластики статистически значимо улучшает нервно-мышечную проводимость, что наиболее наглядно проявилось в сокращении латентного периода. В основной группе латентный период уменьшился на 21,8%, тогда как в контрольной группе снижение составило лишь 5,2% ($p = 0,002$). Эти данные свидетельствуют о том, что ЭМС ускоряет восстановление физиологической нейромышечной функции в раннем послеоперационном периоде.

Столь выраженное сокращение латентного периода под влиянием ЭМС можно объяснить несколькими механизмами. Во-первых, ритмическая электрическая стимуляция способствует улучшению микроциркуляции в зоне оперативного вмешательства, что ускоряет резорбцию послеоперационного отека и уменьшает компрессию нервных волокон. Во-вторых, пассивное сокращение мышечных волокон под действием электрических импульсов поддерживает активность натрий-калиевых насосов сарколеммы и препятствует развитию денервационной гиперчувствительности. В-третьих, регулярная стимуляция двигательных единиц предотвращает атрофию быстрых мышечных волокон II типа, наиболее уязвимых в условиях послеоперационной иммобилизации.

Таблица 1. Динамика нейрографических значений латентного периода (мс)

Группа	Этапы наблюдения				<i>p</i>
	LP до		LP после		
	Me	Q ₁ –Q ₃	Me	Q ₁ –Q ₃	
Без ЭМС	9,7	8,3–12,0	9,2	8,0–11,3	< 0,001*
ЭМС	10,1	8,2–11,9	7,9	7,0–9,9	< 0,001*
<i>p</i>	0,639		0,002*		–

Примечание: * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: *U*-критерий Манна–Уитни, критерий Уилкоксона.

Таблица 2. Динамика нейрографических значений амплитуды двигательной реакции мышцы (мВ)

Группа	Этапы наблюдения				p
	М-ответ до		М-ответ после		
	Me	Q ₁ -Q ₃	Me	Q ₁ -Q ₃	
Без ЭМС	8,2	7,5-9,1	8,8	8,0-9,3	< 0,001*
ЭМС	8,4	7,8-9,3	8,9	8,1-9,8	< 0,001*
p	0,139		0,295		-

Примечание: * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни, критерий Уилкоксона.

Амплитуда М-ответа улучшилась в обеих группах примерно в равной степени (на 5,6% в основной и на 6,8% в контрольной), что указывает на естественные процессы послеоперационной регенерации мышечной ткани, не зависящие от применения ЭМС. Полученные результаты согласуются с тем, что ЭМС преимущественно влияет на нейрогенные механизмы регуляции мышечной активности, а не на собственно сократительные свойства мышечных волокон [13]. Аналогичные выводы были сделаны другими авторами, показавшими, что после курса ЭМС улучшение показателей нервной-мышечной передачи происходит быстрее, чем нарастание мышечной силы и объема [14].

Скорость индуцированного мышечного сокращения оставалась сниженной у подавляющего большинства пациентов (89,1%), хотя в основной группе было зафиксировано минимальное, но статистически значимое увеличение показателя (с 45,0 до 45,4 м/с, $p = 0,049$). Тот факт, что у большинства пациентов скорость индуцированного мышечного сокращения не достигла нормативных значений даже после завершения курса реабилитации, указывает на глубину послеоперационной мышечной дисфункции и необходимость более длительного восстановительного периода. Вероятно, для нормализации этого параметра требуется более длительный курс реабилитации или комбинация ЭМС с другими методами физической терапии, такими как лечебная физкультура и дыхательная гимнастика. Полученные нами результаты согласуются с данными о том, что применение ЭМС после обширных абдоминальных операций позволило уменьшить потерю мышечной массы на 20–25%, но не обеспечило полного восстановления функциональных показателей в течение четырехнедельного периода наблюдения [15]. Кроме того, наши данные коррелируют с экспериментальными результатами, полученными на модели герниопластики, где было показано, что ЭМС ускоряет восстановление биоэлектрической активности мышц, но для достижения полного функционального восстановления требуются более продолжительные сроки [6].

Клиническая значимость полученных результатов заключается в том, что даже относительно короткий курс ЭМС способен существенно ускорить восстановление нервно-мышечной проводимости, что может способствовать более ранней активизации пациентов, снижению риска формирования патологических двигательных стереотипов

и, в конечном счете, улучшению качества жизни в послеоперационном периоде. Важно отметить, что процедуру ЭМС хорошо переносили пациенты, она не вызывала осложнений и не требовала активного участия со стороны больного, что делает ее особенно ценной в раннем послеоперационном периоде, когда возможности активной физической нагрузки ограничены.

Ограничениями настоящего исследования являются отсутствие слепого дизайна, относительно короткий период наблюдения (четыре недели вмешательства) и отсутствие оценки отдаленных результатов. Кроме того, в работе не изучали клинические исходы, такие как качество жизни и выраженность болевого синдрома, что может стать предметом дальнейших исследований. Перспективным направлением представляются также изучение влияния различных параметров ЭМС (частоты, длительности импульса, интенсивности) на скорость восстановления мышечной функции и разработка индивидуализированных протоколов реабилитации в зависимости от объема хирургического вмешательства и исходных характеристик пациента.

ВЫВОДЫ

Проведенное исследование продемонстрировало значимый положительный эффект послеоперационной ЭМС на восстановление функционального состояния мышц ПБС у пациентов, перенесших открытую сепарационную герниопластику по поводу ПВГ. Анализ ЭНМГ выявил статистически значимое улучшение показателей нервной-мышечной проводимости в группе, получавшей ЭМС, с достоверным сокращением LP на 21,8% по сравнению с исходными значениями (с 10,1 до 7,9 мс; $p < 0,001$). В контрольной группе, не получавшей ЭМС, динамика восстановления LP составила 5,2%. При этом изменения амплитуды М-ответа в обеих группах носили сопоставимый характер, что свидетельствует о естественных процессах послеоперационного восстановления мышечной функции, не зависящих от применения ЭМС. Особый интерес представляет выявленная тенденция к улучшению скорости IMR в группе ЭМС несмотря на то, что абсолютные значения данного показателя оставались ниже нормальных значений. Полученные результаты подтверждают целесообразность включения ЭМС в программы послеоперационной

Таблица 3. Динамика нейрографических значений индуцированного мышечного сокращения (м/с)

Группа	Этапы наблюдения				p
	IMR до		IMR после		
	M ± SD	95% ДИ	M ± SD	95% ДИ	
Без ЭМС	45,6 ± 1,9	45,1-46,2	45,8 ± 2,2	45,1-46,4	0,316
ЭМС	45,0 ± 2,0	44,6-45,8	45,4 ± 2,0	44,8-46,0	0,049*
p	0,293		0,436		-

Примечание: * — различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: t-критерий Стьюдента.

реабилитации, что потенциально может способствовать более быстрому восстановлению нервно-мышечной передачи и служить профилактикой длительной мышечной атонии среди пациентов, перенесших герниопластику по поводу ПВГ. Таким образом, ЭМС является перспективным

инструментом послеоперационной реабилитации, однако для оптимизации протоколов требуются дальнейшие исследования с длительным периодом наблюдения и оценкой отдаленных результатов в зависимости от вида герниопластики и прочих параметров пациентов.

Литература

1. Pochhammer J, Ibaldo C, Weller MP, et al. Retromuscular, periprosthetic drainage after hernioplasty with sublay mesh reinforcement in ventral hernias results in less retromuscular fluid collections but longer hospital stay and analgetic use with unclear effect on clinical outcome — a randomized controlled trial. *Langenbecks Arch Surg.* 2024; 409 (1): 334. DOI: 10.1007/s00423-024-03522-6.
2. Serafio-Gómez JL, Aragón-Quintana C, Bustillos-Ponce M, et al. Effective Management of Giant Ventral Hernias: A Comprehensive Approach Combining Preoperative Botulinum Toxin Application, Modified Ramírez's Component Separation, and Rives-Stoppa Hernioplasty. *Cureus.* 2023; 15 (11): e48967. DOI: 10.7759/cureus.48967.
3. Заболотских И. Б., Лебединский К. М., Белкин А. А., Бутров А. В., Кондратьев А. Н., Лубнин А. Ю., и др. Периоперационное ведение пациентов с нервно-мышечными заболеваниями (проект клинических рекомендаций ФАР России). Региональная анестезия и лечение острой боли. 2014; 8 (2): 58–75.
4. Daes J, Oma E, Jorgensen LN. Changes in the abdominal wall after anterior, posterior, and combined component separation. *Hernia.* 2022; 26 (1): 17–27. DOI: 10.1007/s10029-021-02535-0.
5. Ciomperlik H, Dhanani NH, Cassata N, et al. Patient quality of life before and after ventral hernia repair. *Surgery.* 2021; 169 (5): 1158–63. DOI: 10.1016/j.surg.2020.11.003.
6. Petrushko SI, Portnyagin EV, Michurov EI, Repina EV, Sagynaliyev AS, Rozhina AV. Reabilitatsiya bol'nykh posle gernioplastiki v rannem posleoperatsionnom periode. *Trudnyi patsient.* 2020; 18 (3): 46–48. DOI: 10.24411/2074-1995-2020-10020.
7. Da Mota Moreira I, Krause A, Memmert D. Effects of electromyostimulation on physiological determinants of endurance-performance in healthy subjects: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness.* 2022; 62 (12): 1654–61. DOI: 10.23736/S0022-4707.22.13428-6.
8. Demin NA, Achkasov EE, Karkischenko VN, et al. Possibilities of physical rehabilitation using myostimulation after ventral hernia repair retro-rectus. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2022; 10 (3): 114–24. DOI: 10.33029/2308-1198-2022-10-3-114-124.
9. Ricci PA, Di Thommazo-Luporini L, Santos-de-Araújo AD, et al. Combining Whole-Body Electromyostimulation and Dynamic Exercise After Bariatric Surgery: A Randomized, Double-Blind, and Sham-Controlled Trial. *Obes Surg.* 2025. DOI: 10.1007/s11695-025-08107-w.
10. Christopher AN, Fowler C, Patel V, et al. Bilateral transversus abdominis release: Complex hernia repair without sacrificing quality of life. *Am J Surg.* 2022; 223 (2): 250–6. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2021.03.020.
11. Cai X, Wang F, Zhu Y, et al. Application of bridging mesh repair in giant ventral incisional hernia. *Updates Surg.* 2024; 76 (6): 2411–20. DOI: 10.1007/s13304-024-01825-3.
12. Thabane L, Hopewell S, Lancaster GA, et al. Methods and processes for development of a CONSORT extension for reporting pilot randomized controlled trials. *Pilot Feasibility Stud.* 2016; 2: 25. DOI: 10.1186/s40814-016-0065-z.
13. Adams V. Electromyostimulation to fight atrophy and to build muscle: facts and numbers. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2018; 9 (4): 631–4. DOI: 10.1002/jcsm.12332.
14. Moreau D, Dubots P, Boggio V, et al. Effects of electromyostimulation and strength training on muscle soreness, muscle damage and sympathetic activation. *J Sports Sci.* 1995; 13 (2): 95–100. DOI: 10.1080/02640419508732216.
15. Hardy EJ, Hatt J, Doleman B, et al. Post-operative electrical muscle stimulation attenuates loss of muscle mass and function following major abdominal surgery in older adults: a split body randomised control trial. *Age Ageing.* 2022; 51 (10): afac234. DOI: 10.1093/ageing/afac234.

References

1. Pochhammer J, Ibaldo C, Weller MP, et al. Retromuscular, periprosthetic drainage after hernioplasty with sublay mesh reinforcement in ventral hernias results in less retromuscular fluid collections but longer hospital stay and analgetic use with unclear effect on clinical outcome — a randomized controlled trial. *Langenbecks Arch Surg.* 2024; 409 (1): 334. DOI: 10.1007/s00423-024-03522-6.
2. Serafio-Gómez JL, Aragón-Quintana C, Bustillos-Ponce M, et al. Effective Management of Giant Ventral Hernias: A Comprehensive Approach Combining Preoperative Botulinum Toxin Application, Modified Ramírez's Component Separation, and Rives-Stoppa Hernioplasty. *Cureus.* 2023; 15 (11): e48967. DOI: 10.7759/cureus.48967.
3. Zabolotskikh IB, Lebedinskiy KM, Belkin AA, Butrov AV, Kondratev AN, Lubnin AY, et al. Perioperatsionnoe vedenie patsientov s nervno-myshechnymi zabolovaniyami (proekt klinicheskikh rekomendatsiy FAR Rossii). *Regionamaya anesteziya i lechenie ostroy boli.* 2014; (2): 56-75. DOI: 10.17816/RAOL43254. Russian.
4. Daes J, Oma E, Jorgensen LN. Changes in the abdominal wall after anterior, posterior, and combined component separation. *Hernia.* 2022; 26 (1): 17–27. DOI: 10.1007/s10029-021-02535-0.
5. Ciomperlik H, Dhanani NH, Cassata N, et al. Patient quality of life before and after ventral hernia repair. *Surgery.* 2021; 169 (5): 1158–63. DOI: 10.1016/j.surg.2020.11.003.
6. Petrushko SI, Portnyagin EV, Michurov EI, Repina EV, Sagynaliyev AS, Rozhina AV. Reabilitatsiya bol'nykh posle gernioplastiki v rannem posleoperatsionnom periode. *Trudnyi patsient.* 2020; 18 (3): 46–48. DOI: 10.24411/2074-1995-2020-10020.
7. Da Mota Moreira I, Krause A, Memmert D. Effects of electromyostimulation on physiological determinants of endurance-performance in healthy subjects: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness.* 2022; 62 (12): 1654–61. DOI: 10.23736/S0022-4707.22.13428-6.
8. Demin NA, Achkasov EE, Karkischenko VN, et al. Possibilities of physical rehabilitation using myostimulation after ventral hernia repair retro-rectus. *Clinical and Experimental Surgery. Petrovsky Journal.* 2022; 10 (3): 114–24. DOI: 10.33029/2308-1198-2022-10-3-114-124.
9. Ricci PA, Di Thommazo-Luporini L, Santos-de-Araújo AD, et al. Combining Whole-Body Electromyostimulation and Dynamic Exercise After Bariatric Surgery: A Randomized, Double-Blind, and Sham-Controlled Trial. *Obes Surg.* 2025. DOI: 10.1007/s11695-025-08107-w.
10. Christopher AN, Fowler C, Patel V, et al. Bilateral transversus abdominis release: Complex hernia repair without sacrificing quality of life. *Am J Surg.* 2022; 223 (2): 250–6. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2021.03.020.
11. Cai X, Wang F, Zhu Y, et al. Application of bridging mesh repair in giant ventral incisional hernia. *Updates Surg.* 2024; 76 (6): 2411–20. DOI: 10.1007/s13304-024-01825-3.

12. Thabane L, Hopewell S, Lancaster GA, et al. Methods and processes for development of a CONSORT extension for reporting pilot randomized controlled trials. *Pilot Feasibility Stud.* 2016; 2: 25. DOI: 10.1186/s40814-016-0065-z.
13. Adams V. Electromyostimulation to fight atrophy and to build muscle: facts and numbers. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2018; 9 (4): 631–4. DOI: 10.1002/jcsm.12332.
14. Moreau D, Dubots P, Boggio V, et al. Effects of electromyostimulation and strength training on muscle soreness, muscle damage and sympathetic activation. *J Sports Sci.* 1995; 13 (2): 95–100. DOI: 10.1080/02640419508732216.
15. Hardy EJ, Hatt J, Doleman B, et al. Post-operative electrical muscle stimulation attenuates loss of muscle mass and function following major abdominal surgery in older adults: a split body randomised control trial. *Age Ageing.* 2022; 51 (10): afac234. DOI: 10.1093/ageing/afac234.